

3 連揺動型掘進機による地下通路の施工実績

日比谷連絡通路工事 R-SWING[®]工法

中津留 寛 介・上 木 泰 裕

今般、都市部の地下立体交差などを構築するアンダーパス工法「R-SWING[®]工法」（以下「本工法」という）を、地下鉄日比谷線と現在建設中の新日比谷計画開発ビル間約 40 m の地下連絡通路築造工事に適用した。

今回使用した3連揺動型掘進機は、ユニットの組み合わせにより幅 7.25 m × 高さ 4.275 m の掘削断面を確保し、また、掘進機を転用することによって製造コストの大幅縮減を達成した。

今回は適用 2 例目の現場であったが、所定の期間内に品質問題もなく施工完了したことから工事实績について報告する。

キーワード：地下通路、推進工法、小土被り、揺動型掘進機、矩形断面、ルーフマシン

1. はじめに

都心の再開発プロジェクト等においては、テナントの利便性向上のため、建物と駅を地下でつなぐ地下連絡通路のニーズが高まっている。

これらの建設工事にあたっては、地表面から掘り下げる従来の開削工法では、地上に交通規制が多く発生すること及び地下埋設物の移設や防護が必要となる等の様々な問題がある。

また、シールド工法等の非開削工法による短い距離の工事では、コストが割高になってしまうこと及び土被りの小さい箇所には適用が難しいこと等の問題がある。

そこで、矩形断面の揺動型掘進機を用いた本工法を開発した。

今回は、適用 2 例目となる本工法を使用した地下連絡通路の施工実績を報告する。

表-1 適用範囲

地盤条件	土質	粘性土、砂質土
	N 値	20 程度以下
	土被り	5 ~ 10 m 程度
	地下水圧	0.1 MPa 程度まで
適用寸法	形状	矩形
	幅	4.6 ~ 9.2 m
	高さ	3.6 ~ 9.0 m

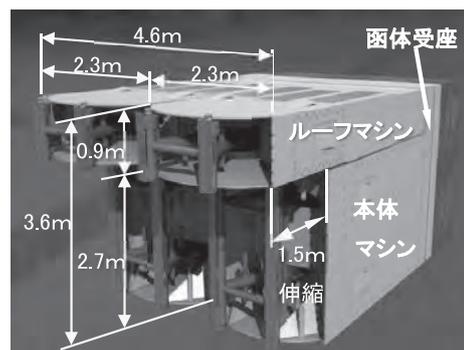


図-1 揺動型掘進機（基本型）

2. 本工法について

(1) 適用範囲

一般的な適用範囲を表-1 に示す。

(2) 基本構成

図-1 に基本型揺動型掘進機の概要図を示す。幅 2.3 m、高さ 0.9 m のルーフマシンを上部に、高さ 2.7 m の本体マシンを下部に配置し基本ユニットとした。掘

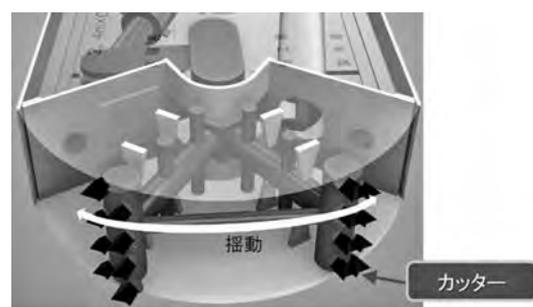


図-2 揺動カッター方式

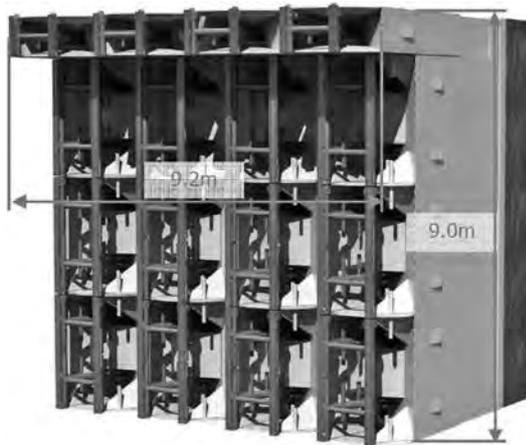


図-3 最大拡幅機 (4連×4段)

削は揺動カッター方式(図-2参照)を採用しており、函体受座には、姿勢制御を目的とした中折れ機構を装備している。基本ユニットを必要に応じてブロックのように結合できる構造で、図-3のように大断面施工も対応可能である。

(3) 特徴

- ・可動式ルーフを装備し、それを前方に1.5m突き出した状態において掘削が可能のため、地盤沈下抑制に有効。
- ・各ユニット間をボルトのみで結合出来る機構とすることにより、組立・解体作業を簡素化。

3. 施工実績

(1) 工事概要

本工事は、新日比谷計画開発ビル建設に伴う日比谷駅において、千代田線バリアフリー1ルート及び日比谷線と千代田線の乗換ルートを整備するとともに、既設出入口を撤去し地下鉄に接続する通路及び出入口を新設する工事である(図-4, 5参照)。

今回日比谷線側を本工法にて約40m推進を行い、無事に完了した。

- ・工事名：(仮称) 新日比谷計画事業と日比谷線及び千代田線日比谷駅鉄道施設整備等に伴うその2土工事
- ・工事場所：東京都千代田区有楽町1丁目地先
- ・事業主：三井不動産(株)
- ・発注者：東京地下鉄(株)

(2) 諸元・土質条件

- ・トンネル掘削寸法：幅7.25m×高さ4.275m
- ・土被り：8.85～9.05m



図-4 現場位置図

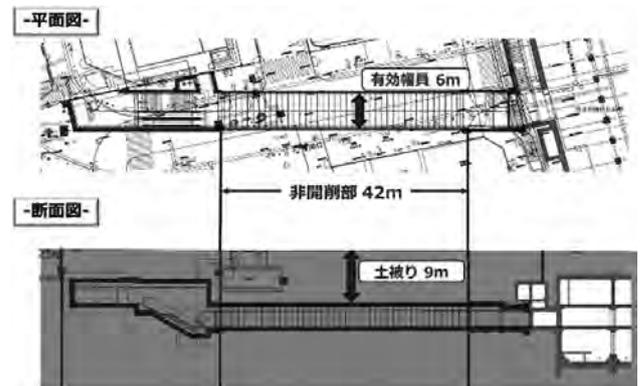


図-5 平面・断面図

- ・平面線形：直線、縦断線形：上り3.0%
- ・掘削土層：粘土質シルト・粘土
- ・N値：0～3程度

(3) 揺動型掘進機

(a) 掘進機構成

今回の揺動型掘進機は、地下連絡通路形状寸法が幅7.25m、高さ4.275mであるため、大きさを調整する必要があった(写真-1参照)。

そこで、基本型のルーフマシン(幅2.3m×高さ0.915m)と、本体マシン(幅2.3m×高さ2.71m)を3連とし、幅は各ユニット間、高さはルーフマシン



写真-1 3連揺動型掘進機全景

と本体マシン間にそれぞれスペーサを設置し調整を行った。

また、スペーサ部はカッターの延長及び揺動角度を調整することにより掘削断面を確保した(図-6参照)。

なお、左右のルーフマシンと本体マシンは他現場で使用したものを整備して転用した。

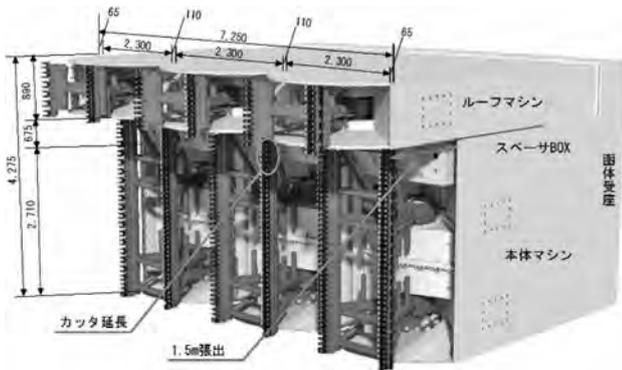


図-6 3連揺動型掘進機スペーサ配置図

(b) 切削ビット

当工事では、発進時の防護として地盤改良(高圧噴射攪拌)工法を採用した。既設人孔防護も兼ねており、改良体の延長は、発進から10mと到達防護の3mと合わせて13mとなり全掘進延長(40m)の33%を占めるため、掘削抵抗値の低減が求められた。

そのため、切削実験を実施し、当初の鋸刃型から切削性能が優れる先行ビット型(超硬チップ入り)とした(図-7参照)。

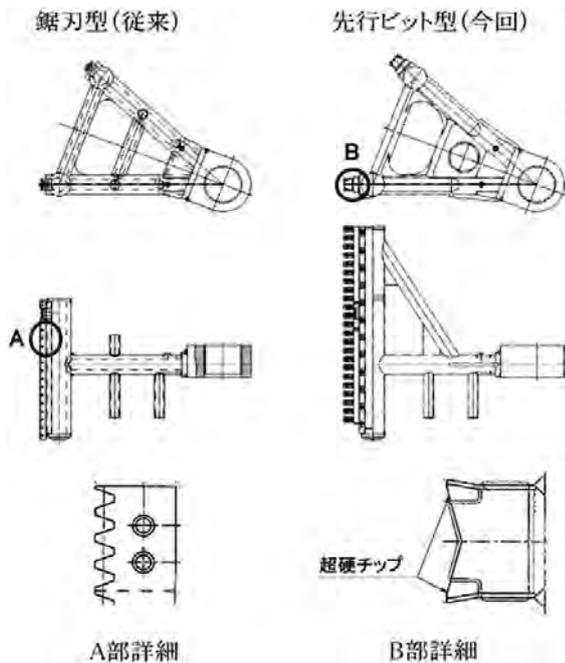


図-7 カッター変更図

(c) セグメント

今回採用するセグメントは、耐力が高く桁高を小さくすることが可能であり、二次覆工を省略できる六面鋼殻合成セグメントを採用した(図-8参照)。

- ・種別：六面鋼殻合成セグメント
- ・外径：幅 7,250 mm × 高 4,275 mm
- ・内径：幅 6,550 mm × 高 3,575 mm
- ・セグメント幅：1,000 mm
- ・セグメント桁高：350 mm
- ・重量：24.4 t/Ring (6分割)

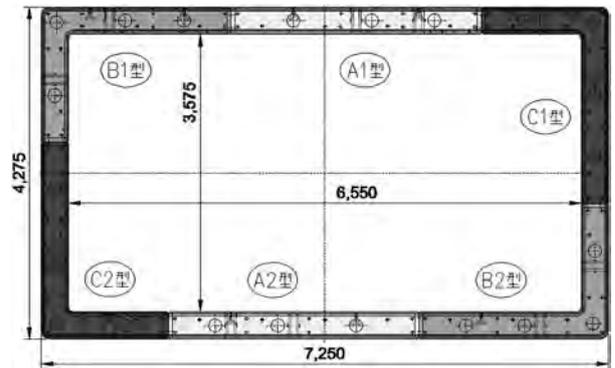


図-8 セグメント

(d) 元押し装置

推進工法とは、推進管に掘進機を取り付け、後方の油圧ジャッキで押し進め、地中を掘進して管を埋設する工法である。従来は、油圧ジャッキと推進管の間に押輪を設置し少ない油圧ジャッキで推進管全体を押す構造が一般的である。

今回、大断面の推進工となるため、元押し装置をシールド機の推進装置を参考に改造し、押輪を無くし、多くの油圧ジャッキを配置することにより施工性及び安全性の向上を図った(図-9参照)。

- ・油圧ジャッキ：2,430 kN × 1,900 mmst × 16本
- ・総推力：38,880 kN × 20 mm/min

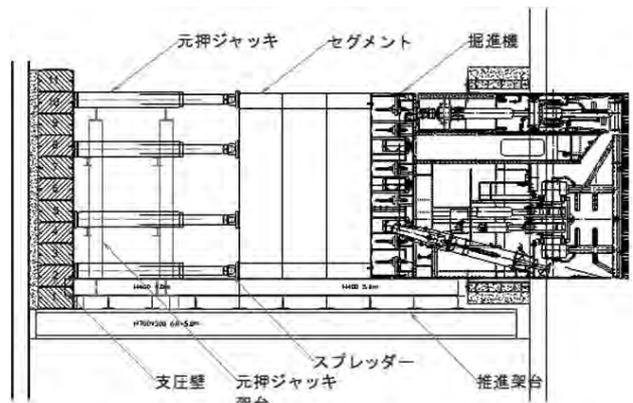


図-9 機器配置図

①バックリング防止

新しいセグメントを接続する際、油圧ジャッキを縮め、組立スペースを作る必要がある。この際に全ジャッキを縮めるため、既設セグメントが押し戻される可能性があることから、今回は6分割のセグメントを組むにあたり必要なピースの油圧ジャッキのみを縮めることで、バックリングを防止することとした。

②セグメント組立精度の向上

セグメント全6ピースを1ピース每天井クレーンにて組立を行うが、1ピース組立ごとに油圧ジャッキを押し当てるため、セグメントの傾きなどがなく組立精度が向上した(写真-2参照)。



写真-2 セグメント組立状況

③初期の方向制御

油圧ジャッキは選択により個々に作動させることができるため、初期の方向修正を容易に行うことができた。

④掘進機と元押し装置の連動運転

従来掘進機と元押し装置は個々に運転操作するのが一般的だが、今回は連動運転の機構を追加し、どちらかに故障が発生してもすぐに掘進を停止することが可能であるため、掘進機の地山への過大な押し付けや排土過多などのトラブルを未然に防ぐことが可能とした。

(e) 施工実績

①マシン組立実績

本工事の発進立坑は路上に位置しているため、路下への3連揺動型掘進機の投入は地下埋設物が支障となり、所定の位置にセットすることができない。そのため、建築工事の用地を一部借用し、投入立坑を設けて地下で発進立坑まで横引きする計画とした。各ブロックの投入は100tクローラークレーンにて行い、立坑下で本体マシン、スペーサBOX、ルーフマシン及びスペーサを1連毎に組付け、横移動させ所定の位置に



写真-3 マシン横引状況

セットした(写真-3参照)。

組立は全てボルト結合としたため、溶接作業は不要であり、組立施工期間は24方(夜間作業)となり横引き作業等の付帯作業は発生したが、同規模のシールド機と比べると大幅に工期を短縮することができた(写真-4参照)。



写真-4 マシン接合状況

(4) セグメント組立実績

セグメントは、マシン組立時と同様に建築ヤード内の投入開口から荷卸しし、トラバースで横移動して路下に設置した48t天井クレーンにて組立を行った。組立には、1リング(6ピース)当り150分を要した。

(5) 掘進実績

純掘進速度(カッターが揺動している時の元押し装置のジャッキ速度)は、発進及び到達防護の地盤改良体内の掘進においては平均4.3mm/min、最大5.8mm/min、地山においては平均8.4mm/min、最大10.5mm/minにて掘進することができた。

純掘進速度の違いは、揺動ジャッキの装備圧力を超えないように、元押し装置のジャッキ速度を調整することでビットの切込量を調整し、揺動ジャッキの圧力

管理を行ったためである。

元押し推力は、所要推力として計画の 25,088 kN に対し 38,880 kN の設定とした。実績としては、約 22,500 kN（装備推力の約 58%）の推力で所定の位置まで推進することができた（写真—5、6 参照）。



写真—5 掘進状況



写真—6 坑内全景

4. おわりに

今回の R-SWING[®]工法による地下通路の施工において、低コスト化、工期の大幅短縮を実現できたことは、アンダーパス工事及び地下連絡通路工事のニーズが高まっている状況下での今後の同種工事への展開に大きく寄与するものと考ええる。

JCMA

【筆者紹介】

中津留 寛介（なかつる かんすけ）
鹿島建設株式会社
機械部 技術3グループ
課長



上木 泰裕（うえき やすひろ）
鹿島建設株式会社
東京土木支店 日比谷連絡通路土木工事（事）
所長

